

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-49397

(P2002-49397A)

(43) 公開日 平成14年2月15日 (2002.2.15)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データ (参考)
G 1 0 L 19/04		H 0 3 M 7/30	Z 5 D 0 4 5
19/00		G 1 0 L 9/14	J 5 J 0 6 4
H 0 3 M 7/30		9/08	J

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-238895(P2000-238895)

(22) 出願日 平成12年8月2日(2000.8.2)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 近藤 哲二郎

東京都品川区北品川6丁目7番35号ソニー株式会社内

(72) 発明者 渡辺 勉

東京都品川区北品川6丁目7番35号ソニー株式会社内

(74) 代理人 100082740

弁理士 田辺 恵基

Fターム(参考) 5D045 DA02

5J064 AA01 BA01 BB03 BC01 BC07

BC27 BD03

(54) 【発明の名称】 デジタル信号処理方法、学習方法及びそれらの装置並びにプログラム格納媒体

## (57) 【要約】

【課題】 デジタル信号の波形再現性を一段と向上し得るデジタル信号処理方法、学習方法及びそれらの装置並びにプログラム格納媒体を提案する。

【解決手段】 デジタル信号D10から複数の大きさの窓で切り出してそれぞれの自己相関係数D40及びD41を算出し、自己相関係数D40及びD41の算出結果D15に基づいてそのクラスを分類し、分類されたクラスに対応した予測方式でデジタル信号D10を変換するようにしたことにより、一段とデジタル信号D10の特徴に適応した変換を行うことができる。

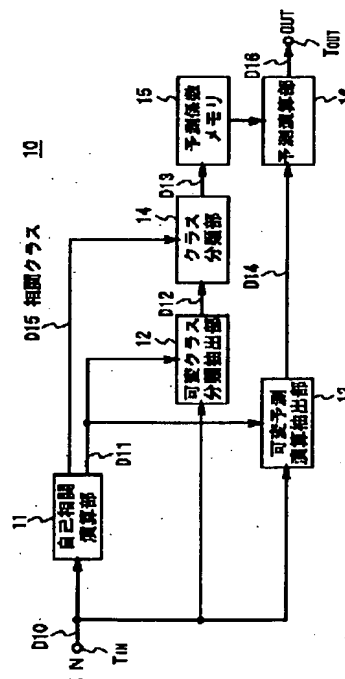


図1 オーディオ信号処理装置の構成

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル信号を変換するデジタル信号処理方法において、

上記デジタル信号から複数の大きさの窓で切り出してそれぞれの自己相関係数を算出するステップと、

上記自己相関係数の算出結果に基づいてそのクラスを分類するステップと、

上記分類されたクラスに対応した予測方式で上記デジタル信号を予測演算することにより上記デジタル信号を変換してなる新たなデジタル信号を生成するステップとを具えることを特徴とするデジタル信号処理方法。

【請求項2】 上記自己相関係数を算出するステップでは、

上記デジタル信号に対して、上記自己相関係数の算出対象として、少なくとも大局的な探索範囲と局所的な探索範囲とが設けられ、当該探索範囲について上記自己相関係数が算出されることを特徴とする請求項1に記載のデジタル信号処理方法。

【請求項3】 上記自己相関係数を算出するステップでは、

上記デジタル信号の振幅成分をなくした後、上記自己相関係数が算出されることを特徴とする請求項1に記載のデジタル信号処理方法。

【請求項4】 デジタル信号を変換するデジタル信号処理装置において、

上記デジタル信号から複数の大きさの窓で切り出してそれぞれの自己相関係数を算出する自己相関係数算出手段と、

上記自己相関係数の算出結果に基づいてそのクラスを分類するクラス分類手段と、

上記分類されたクラスに対応した予測方式で上記デジタル信号を予測演算することにより上記デジタル信号を変換してなる新たなデジタル信号を生成する予測演算手段とを具えることを特徴とするデジタル信号処理装置。

【請求項5】 上記自己相関係数算出手段は、

上記デジタル信号に対して、上記自己相関係数の算出対象として、少なくとも大局的な探索範囲と局所的な探索範囲とを設け、当該探索範囲について上記自己相関係数を算出することを特徴とする請求項4に記載のデジタル信号処理装置。

【請求項6】 上記自己相関係数算出手段は、

上記デジタル信号の振幅成分をなくした後、上記自己相関係数を算出することを特徴とする請求項4に記載のデジタル信号処理装置。

【請求項7】 デジタル信号から複数の大きさの窓で切り出してそれぞれの自己相関係数を算出するステップと、

上記自己相関係数の算出結果に基づいてそのクラスを分

類するステップと、

上記分類されたクラスに対応した予測方式で上記デジタル信号を予測演算することにより上記デジタル信号を変換してなる新たなデジタル信号を生成するステップとを含むプログラムをデジタル信号処理装置に実行させるプログラム格納媒体。

【請求項8】 上記自己相関係数を算出するステップでは、

上記デジタル信号に対して、上記自己相関係数の算出対象として、少なくとも大局的な探索範囲と局所的な探索範囲とが設けられ、当該探索範囲について上記自己相関係数が算出されることを特徴とする請求項7に記載のプログラム格納媒体。

【請求項9】 上記自己相関係数を算出するステップでは、

上記デジタル信号の振幅成分をなくした後、上記自己相関係数が算出されることを特徴とする請求項7に記載のプログラム格納媒体。

【請求項10】 デジタル信号を変換するデジタル信号処理装置の上記変換処理の予測演算に用いられる予測係数を生成する学習方法において、

所望とするデジタル信号から当該デジタル信号を劣化させた生徒デジタル信号を生成するステップと、上記生徒デジタル信号から複数の大きさの窓で切り出してそれぞれの自己相関係数を算出するステップと、上記自己相関係数の算出結果に基づいてそのクラスを分類するステップと、

上記デジタル信号と上記生徒デジタル信号とに基づいて上記クラスに対応する予測係数を算出するステップとを具えることを特徴とする学習方法。

【請求項11】 上記自己相関係数を算出するステップでは、

上記デジタル信号に対して、上記自己相関係数の算出対象として、少なくとも大局的な探索範囲と局所的な探索範囲とが設けられ、当該探索範囲について上記自己相関係数が算出されることを特徴とする請求項10に記載の学習方法。

【請求項12】 上記自己相関係数を算出するステップでは、

上記デジタル信号の振幅成分をなくした後、上記自己相関係数が算出されることを特徴とする請求項10に記載の学習方法。

【請求項13】 デジタル信号を変換するデジタル信号処理装置の上記変換処理の予測演算に用いられる予測係数を生成する学習装置において、

所望とするデジタル信号から当該デジタル信号を劣化させた生徒デジタル信号を生成する生徒デジタル信号生成手段と、

上記生徒デジタル信号から複数の大きさの窓で切り出してそれぞれの自己相関係数を算出する自己相関係数算

10

20

30

40

50

出手段と、

上記自己相関係数の算出結果に基づいてそのクラスを分類するクラス分類手段と、

上記デジタル信号と上記生徒デジタル信号とに基づいて上記クラスに対応する予測係数を算出する予測係数算出手段とを具えることを特徴とする学習装置。

【請求項14】上記自己相関係数算出手段は、上記デジタル信号に対して、上記自己相関係数の算出対象として、少なくとも大局的な探索範囲と局所的な探索範囲とを設け、当該探索範囲について上記自己相関係数を算出することを特徴とする請求項13に記載の学習装置。

【請求項15】上記自己相関係数算出手段は、上記デジタル信号の振幅成分をなくした後、上記自己相関係数を算出することを特徴とする請求項13に記載の学習装置。

【請求項16】所望とするデジタル信号から当該デジタル信号を劣化させた生徒デジタル信号を生成するステップと、

上記生徒デジタル信号から複数の大きさの窓で切り出してそれぞれの自己相関係数を算出するステップと、上記自己相関係数の算出結果に基づいてそのクラスを分類するステップと、

上記デジタル信号と上記生徒デジタル信号とに基づいて上記クラスに対応する予測係数を算出するステップとを含むプログラムを学習装置に実行させるプログラム格納媒体。

【請求項17】上記自己相関係数を算出するステップでは、上記デジタル信号に対して、上記自己相関係数の算出対象として、少なくとも大局的な探索範囲と局所的な探索範囲とが設けられ、当該探索範囲について上記自己相関係数が算出されることを特徴とする請求項16に記載のプログラム格納媒体。

【請求項18】上記自己相関係数を算出するステップでは、上記デジタル信号の振幅成分をなくした後、上記自己相関係数が算出されることを特徴とする請求項16に記載のプログラム格納媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はデジタル信号処理方法、学習方法及びそれらの装置並びにプログラム格納媒体に関し、レートコンバータ又はPCM(Pulse Code Modulation)復号装置等においてデジタル信号に対してデータの補間処理を行うデジタル信号処理方法、学習方法及びそれらの装置並びにプログラム格納媒体に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】従来、デジタルオーディオ信号をディ

ジタル／アナログコンバータに入力する前に、サンプリング周波数を元の値の数倍に変換するオーバーサンプリング処理を行っている。これにより、デジタル／アナログコンバータから出力されたデジタルオーディオ信号はアナログ・アンチ・エイリアス・フィルタの位相特性が可聴周波数高域で一定に保たれ、また、サンプリングに伴うデジタル系のイメージ雑音の影響が排除されるようになされている。

【0003】かかるオーバーサンプリング処理では、通常、線形一次(直線)補間方式のデジタルフィルタが用いられている。このようなデジタルフィルタは、サンプリングレートが変わったりデータが欠落した場合等に、複数の既存データの平均値を求めて直線的な補間データを生成するものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、オーバーサンプリング処理後のデジタルオーディオ信号は、線形一次補間によって時間軸方向に対してデータ量が数倍に緻密になっているものの、オーバーサンプリング処理後のデジタルオーディオ信号の周波数帯域は変換前とあまり変わらず、音質そのものは向上していない。さらに、補間されたデータは必ずしもA/D変換前のアナログオーディオ信号の波形に基づいて生成されたのではないため、波形再現性もほとんど向上していない。

【0005】また、サンプリング周波数の異なるデジタルオーディオ信号をダビングする場合において、サンプリング・レート・コンバータを用いて周波数を変換しているが、かかる場合でも線形一次デジタルフィルタによって直線的なデータの補間しか行うことができず、音質や波形再現性を向上することが困難であった。さらに、デジタルオーディオ信号のデータサンプルが欠落した場合において同様である。

【0006】本発明は以上の点を考慮してなされたもので、デジタル信号の波形再現性を一段と向上し得るデジタル信号処理方法、学習方法及びそれらの装置並びにプログラム格納媒体を提案しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】かかる課題を解決するため本発明においては、デジタル信号から複数の大きさの窓で切り出してそれぞれの自己相関係数を算出し、自己相関係数の算出結果に基づいてそのクラスを分類し、分類されたクラスに対応した予測方式でデジタル信号を変換するようにしたことにより、一段とデジタル信号の特徴に適応した変換を行うことができる。

【0008】

【発明の実施の形態】以下図面について、本発明の一実施の形態を詳述する。

【0009】図1においてオーディオ信号処理装置10は、デジタルオーディオ信号(以下これをオーディオデータと呼ぶ)のサンプリングレートを上げたり、オー

ディオデータを補間する際に、真値に近いオーディオデータをクラス分類適用処理によって生成するようになされている。

【0010】因みに、この実施の形態におけるオーディオデータとは、人間の声や楽器の音等を表す楽音データ、さらにはその他種々の音を表すデータのことである。

【0011】すなわち、オーディオ信号処理装置10において、自己相関演算部11は入力端子 $T_{1n}$ から供給された入力オーディオデータD10を所定時間毎にカレントデータとして切り出した後、当該切り出した各カレントデータについて、後述する自己相関係数判定方法によって自己相関係数を算出し、当該算出した自己相関係数に基づいて、時間軸に切り出す領域及び位相変動の判定を行う。

【0012】自己相関演算部11は、このとき切り出した各カレントデータについて、時間軸に切り出す領域の判定を行った結果を抽出制御データD11として可変クラス分類抽出部12及び可変予測演算抽出部13に供給すると共に、位相変動の判定を行った結果を1ビットで表す相関クラスD15としてクラス分類部14に供給する。

【0013】また、可変クラス分類抽出部12は入力端子 $T_{1n}$ から供給された入力オーディオデータD10を、自己相関演算部11から供給された抽出制御データD11に応じて指定された領域を切り出しすることにより、クラス分類しようとするオーディオ波形データ（以下、これをクラスタップと呼ぶ）D12を抽出（この実施の形態の場合、例えば6サンプルとする）し、これをクラス分類部14に供給する。

\*30

$$DR = MAX - MIN + 1$$

$$Q = \{ (L - MIN + 0.5) \times 2^n / DR \} \quad \dots (1)$$

【0019】に従って、領域内の最大値MAXと最小値MINとの間を指定されたビット長で均等に分割して量子化を行う。なお、(1)式において{ }は小数点以下の切り捨て処理を意味する。かくして、自己相関演算部11において算出された自己相関係数の判定結果（抽出制御データD11）に応じて抽出された6つのクラスタップが、それぞれ例えば8ビット（ $m=8$ ）で構成され、これらはADRC回路部においてそれぞれが2ビットに圧縮される。

※れぞれが2ビットに圧縮される。

【0020】このようにして圧縮されたクラスタップをそれぞれ $q_n$ （ $n=1\sim6$ ）とすると、クラス分類部14に設けられたクラスコード発生回路部は、圧縮されたクラスタップ $q_n$ に基づいて、次式、

【0021】

【数2】

$$class = \sum_{n=1}^6 q_n \cdot (2^n)^P \quad \dots (2)$$

【0022】に示す演算を実行することにより、そのクラスタップ（ $q_1 \sim q_6$ ）が属するクラスを示すクラスコードclassを算出する。

【0023】ここで、クラスコード発生回路部は、算出したクラスコードclassに対応づけて自己相関演算部11から供給された1ビットで表されている相関クラスD15を統合し、これにより得られたクラスコードclass

50

\*【0014】クラス分類部14は、可変クラス分類抽出部12において抽出されたクラスタップD12を圧縮して圧縮データパターンを生成するADRC (Adaptive Dynamic Range Coding) 回路部と、クラスタップD12の属するクラスコードを発生するクラスコード発生回路部とを有する。

【0015】ADRC回路部はクラスタップD12に対して、例えば8ビットから2ビットに圧縮するような演算を行うことによりパターン圧縮データを形成する。このADRC回路部は、適応的量子化を行うものであり、ここでは、信号レベルの局所的なパターンを短い語長で効率的に表現することができるので、信号パターンのクラス分類のコード発生用に用いられる。

【0016】具体的には、6つの8ビットのデータ（クラスタップ）をクラス分類しようとする場合、 $2^8$ という膨大な数のクラスに分類しなければならない、回路上の負担が多くなる。そこで、この実施の形態のクラス分類部14ではその内部に設けられたADRC回路部で生成されるパターン圧縮データに基づいてクラス分類を行う。例えば6つのクラスタップに対して1ビットの量子化を実行すると、6つのクラスタップを6ビットで表すことができ、 $2^6 = 64$ クラスに分類することができる。

【0017】ここで、ADRC回路部は、クラスタップのダイナミックレンジをDR、ビット割り当てをm、各クラスタップのデータレベルをL、量子化コードをQとすると、次式、

【0018】

【数1】

を示すクラスコードデータD13を予測係数メモリ15に供給する。このクラスコードclassは、予測係数メモリ15から予測係数を読み出す際の読み出しアドレスを示す。因みに(2)式において、nは圧縮されたクラスタップ $q_n$ の数を表し、この実施の形態の場合 $n=6$ であり、またPはADRC回路部において圧縮されたビット割り当てを表し、この実施の形態の場合 $P=2$

である。

【0024】このようにして、クラス分類部14は可変クラス分類抽出部12において入力オーディオデータD10から抽出されたクラスタップD12のクラスコードに対応づけて相関クラスD15を統合し、これにより得られたクラスコードデータD13を生成し、これを予測係数メモリ15に供給する。

【0025】予測係数メモリ15には、各クラスコードに対応する予測係数のセットがクラスコードに対応するアドレスにそれぞれ記憶されており、クラス分類部14 10から供給されるクラスコードデータD13に基づいて、当該クラスコードに対応するアドレスに記憶されている予測係数のセット $W_1 \sim W_n$ が読み出され、予測演算部\*

$$y' = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n \quad \dots\dots (3)$$

【0029】に示す積和演算を行うことにより、予測結果 $y'$ を得る。この予測値 $y'$ が、音質が改善されたオーディオデータD16として予測演算部16から出力される。

【0030】なお、オーディオ信号処理装置10の構成として図1について上述した機能ブロックを示したが、この機能ブロックを構成する具体的構成として、この実施の形態においては図2に示すコンピュータ構成の装置を用いる。すなわち、図2において、オーディオ信号処理装置10は、バスBUSを介してCPU21、ROM(Read Only Memory)22、予測係数メモリ15を構成するRAM(Random Access Memory)15、及び各回路部がそれぞれ接続された構成を有し、CPU11はROM22に格納されている種々のプログラムを実行することにより、図1について上述した各機能ブロック(自己相関演算部11、可変クラス分類抽出部12、可変予測演算抽出部13、クラス分類部14及び予測演算部16)として動作するようになされている。

【0031】また、オーディオ信号処理装置10にはネットワークとの間で通信を行う通信インターフェース24、フロッピーディスクや光磁気ディスク等の外部記憶媒体から情報を読み出すリムーバブルドライブ28を有し、ネットワーク経由又は外部記憶媒体から図1について上述したクラス分類適用処理を行うための各プログラムをハードディスク装置25のハードディスクに読み込み、当該読み込まれたプログラムに従ってクラス分類適用処理を行うこともできる。

【0032】ユーザは、キーボードやマウス等の入力手段26を介して所定のコマンドを入力することにより、CPU21に対して図1について上述したクラス分類処理を実行させる。この場合、オーディオ信号処理装置10はデータ入出力部27を介して音質を向上させようとするオーディオデータ(入力オーディオデータ)D10を入力し、当該入力オーディオデータD10に対してクラス分類適用処理を施した後、音質が向上したオーディオデータD16をデータ入出力部27を介して外部に出

\*16に供給される。

【0026】また、予測演算部16には、可変予測演算抽出部13において自己相関演算部11からの抽出制御データD11に応じて可変クラス分類抽出部12と同様に切り出して抽出された予測演算しようとするオーディオ波形データ(以下、これを予測タップと呼ぶ)D14( $X_1 \sim X_n$ )が供給される。

【0027】予測演算部16は、可変予測演算抽出部13から供給された予測タップD14( $X_1 \sim X_n$ )と、予測係数メモリ15から供給された予測係数 $W_1 \sim W_n$ とに対して、次式

【0028】

【数3】

力し得るようになされている。

【0033】因みに、図3はオーディオ信号処理装置10におけるクラス分類適用処理の処理手順を示し、オーディオ信号処理装置10はステップSP101から当該処理手順に入ると、続くステップSP102において入力オーディオデータD10の自己相関係数を算出し、当該算出した自己相関係数に基づいて、自己相関演算部11において時間軸に切り出す領域及び位相変動の判定を行う。

【0034】時間軸に切り出す領域の判定結果(すなわち、抽出制御データD11)は入力オーディオデータD10の特徴部分及びその付近の振幅の起伏に類似性があるか否かに基づいて表されるものであり、クラスタップの切り出す領域を決定づけると共に、予測タップの切り出す領域を決定づけるものである。

【0035】従ってオーディオ信号処理装置10はステップSP103に移って、可変クラス分類抽出部12において、入力オーディオデータD10を判定結果(すなわち、抽出制御データD11)に応じて指定された領域を切り出すことにより、クラスタップD12を抽出する。そしてオーディオ信号処理装置10は、ステップSP104に移って、可変クラス分類抽出部12において抽出されたクラスタップD12に対して、クラスの分類を行う。

【0036】さらにオーディオ信号処理装置10は、クラス分類の結果得られたクラスコードに、自己相関演算部11において入力オーディオデータD10の位相変動の判定結果により得られた相関クラスコードを統合し、これにより得られたクラスコードを用いて予測係数メモリ15から予測係数を読み出す。この予測係数は予め学習によりクラス毎に対応して格納されており、オーディオ信号処理装置10はクラスコードに対応した予測係数を読み出すことにより、このときの入力オーディオデータD10の特徴に合致した予測係数を用いることができる。

【0037】予測係数メモリ15から読み出された予測

係数は、ステップSP105において予測演算部16の予測演算に用いられる。これにより、入力オーディオデータD10はその特徴に適応した予測演算により、所望とするオーディオデータD16に変換される。かくして入力オーディオデータD10はその音質が改善されたオーディオデータD16に変換され、オーディオ信号処理装置10はステップSP106に移って当該処理手順を終了する。

【0038】次に、オーディオ信号処理装置10の自己相関演算部11における入力オーディオデータD10の\*10

$$W(k) = 0.54 + 0.46 \cdot \cos(\pi \cdot k / N) \quad (k = 0, \dots, N-1)$$

【0042】に従ってハミング窓を乗算することにより、図5に示すように、注目する時間位置currentから左右対象となされた探索範囲データAR1（以下、これを相関窓（小）と呼ぶ）を切り出す。

【0043】因みに、(4)式において、「N」は相関窓のサンプル数を表しており、「u」は何番目のサンプルデータであるかを表している。

※20 【数5】

$$R(t) = \frac{1}{N-t} \sum_{i=0}^{N-1-t} g(i) g(i+t) \quad \dots\dots (5)$$

【0046】に従って、N個のサンプリング値からなる信号波形g(i)と、その遅れ時間tだけずらせた信号波形g(i+t)に対して、それぞれかけ合わせて累積し、平均化することにより、自己相関演算範囲SC1の自己相関係数D40を算出し、これを判定演算部42に供給する。

【0047】一方、自己相関係数算出部41は自己相関係数算出部40と同様にして、切り出されたカレントデータに対して、上述の(4)式と同様の演算により、ハミング窓を乗算することにより、注目する時間位置currentから左右対象となされた探索範囲データAR2（以下、これを相関窓（大）と呼ぶ）を切り出す（図5）。

【0048】因みに、自己相関係数算出部40が(4)式を用いる際のサンプル数「N」は、自己相関係数算出部41が(4)式を用いる際のサンプル数「N」よりも小さくなるように設定される。

【0049】さらに自己相関係数算出部41は、予め設定された自己相関演算範囲のうち、切り出した相関窓（小）の自己相関演算範囲に対応づけて選択するようになされており、このとき切り出された相関窓（小）AR1の自己相関演算範囲SC1に対応づけられた自己相関演算範囲SC3を選択する。そして自己相関係数算出部41は、上述の(5)式と同様の演算により、自己相関演算範囲SC3の自己相関係数D42を算出し、これを判定演算部42に供給する。

【0050】判定演算部42は、自己相関係数算出部40及び41から供給された各々の自己相関係数に基づい

\* 自己相関係数判定方法について説明する。

【0039】図4において、自己相関演算部11は入力端子T<sub>in</sub>（図1）から供給された入力オーディオデータD10を所定時間毎に各カレントデータとして切り出すようになされており、このとき切り出したカレントデータを自己相関係数算出部40及び41に供給する。

【0040】自己相関係数算出部40は切り出されたカレントデータに対して、次式、

【0041】

【数4】

..... (4)

※【0044】さらに自己相関係数算出部40は、切り出した相関窓（小）に基づいて、予め設定された自己相関演算範囲を選択するようになされており、このとき切り出された相関窓（小）AR1に基づいて、例えば自己相関演算範囲SC1を選択し、次式、

【0045】

【数5】

て、入力オーディオデータD10の時間軸に切り出す領域の判定を行うようになされており、このとき自己相関係数算出部40及び41から供給された自己相関係数D40の値と、自己相関係数D41の値とに大きな差があった場合、このことは相関窓AR1に含まれているデジタルで表されたオーディオ波形の状態と、相関窓AR2に含まれているデジタルで表されたオーディオ波形の状態とが極端にかけ離れている、つまり相関窓AR1及びAR2それぞれのオーディオ波形に類似性がない非定常状態であることを表している。

【0051】従って判定演算部42はこのとき入力された入力オーディオデータD10の特徴を見い出して予測演算を一段と向上させるためには、クラスタップ及び予測タップのサイズ（時間軸に切り出す領域）を短くする必要があると判定する。

【0052】従って判定演算部42は、クラスタップ及び予測タップのサイズ（時間軸に切り出す領域）を相関窓（小）AR1と同様のサイズに切り出すように決定づける抽出制御データD11を生成し、これを可変クラス分類抽出部12（図1）及び可変予測演算抽出部13（図1）に供給する。

【0053】この場合可変クラス分類抽出部12（図1）では、抽出制御データD11によって例えば図6（A）に示すようにクラスタップを短く切り出し、また可変予測演算抽出部13（図1）では、抽出制御データD11によって図6（C）に示すようにクラスタップと同様のサイズで予測タップを短く切り出す。

【0054】これに対して、自己相関係数算出部40及び41から供給された自己相関係数D40の値と、自己相関係数D41の値とに大きな差がない場合、このことは相関窓AR1に含まれているデジタルで表されたオーディオ波形の状態と、相関窓AR2に含まれているデジタルで表されたオーディオ波形の状態とが極端にかけ離れていない、つまりオーディオ波形に類似性がある定常状態であることを表している。

【0055】従って判定演算部42は、クラスタップ及び予測タップのサイズ（時間軸に切り出す領域）を長くした場合においても、このとき入力された入力オーディオデータD10の特徴を見い出して予測演算を十分に行い得ると判定する。

【0056】従って判定演算部42は、クラスタップ及び予測タップのサイズ（時間軸に切り出す領域）を相関窓（大）AR2と同様のサイズに切り出すように決定づける抽出制御データD11を生成し、これを可変クラス分類抽出部12（図1）及び可変予測演算抽出部13（図1）に供給する。

【0057】この場合可変クラス分類抽出部12（図1）では、抽出制御データD11によって例えば図6（B）に示すようにクラスタップを長く切り出し、また可変予測演算抽出部13（図1）では、抽出制御データD11によって図6（D）に示すようにクラスタップと同様のサイズで予測タップを長く切り出す。

【0058】また、判定演算部42は自己相関係数算出部40及び41から供給された各々の自己相関係数に基づいて、入力オーディオデータD10の位相変動の判定を行うようになされており、このとき自己相関係数算出部40及び41から供給された自己相関係数D40の値と、自己相関係数D41の値とに大きな差があった場合、このことはオーディオ波形に類似性がない非定常状態であることを表しているため、判定演算部42は1ビットで表される相関クラスD15を立て（すなわち、「1」にする）、クラス分類部14に供給する。

【0059】これに対して、判定演算部42はこのとき自己相関係数算出部40及び41から供給された自己相関係数D40の値と、自己相関係数D41の値とに大きな差がない場合、このことはオーディオ波形に類似性がある定常状態であることを表しているため、判定演算部42は1ビットで表される相関クラスD15を立てず（すなわち、「0」である）にクラス分類部14に供給する。

【0060】このように、自己相関演算部11は相関窓AR1及びAR2それぞれのオーディオ波形に類似性がない非定常状態であるときには、入力オーディオデータD10の特徴を見い出して予測演算を一段と向上させるために、タップを短く切り出すように決定づける抽出制御データD11を生成すると共に、相関窓AR1及びAR2それぞれのオーディオ波形に類似性がある定常状態

であるときには、タップを長く切り出すように決定づける抽出制御データD11を生成することができる。

【0061】また、自己相関演算部11は相関窓AR1及びAR2それぞれのオーディオ波形に類似性がない非定常状態であるときには、1ビットで表される相関クラスD15を立て（すなわち、「1」にする）ると共に、相関窓AR1及びAR2それぞれのオーディオ波形に類似性がある定常状態であるときには、1ビットで表される相関クラスD15を立てず（すなわち、「0」である）にクラス分類部14に供給することができる。

【0062】この場合、オーディオ信号処理装置10は自己相関演算部11から供給された相関クラスD15を、このとき可変分類抽出部12から供給されたクラスタップD12のクラス分類された結果得られたクラスコードclassに統合するため、一段と多くのクラス分類の頻度から予測演算を行うことができ、これにより一段と音質が改善されたオーディオデータを生成することができる。

【0063】なお、この実施の形態においては、自己相関係数算出部40及び41が1つの自己相関演算範囲を選択する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、複数の自己相関演算範囲を選択するようにしても良い。

【0064】この場合、自己相関係数算出部40（図4）は、例えば図7に示すように、このとき切り出された相関窓（小）AR3に基づいて、予め設定された自己相関演算範囲を選択するとき、例えば自己相関演算範囲SC3及びSC4を選択し、当該選択した自己相関演算範囲SC3及びSC4それぞれの自己相関係数を上述の（5）式と同様の演算によって算出する。さらに自己相関係数算出部40（図4）は、自己相関演算範囲SC3及びSC4それぞれ算出した自己相関係数を平均化することにより、新たに算出された自己相関係数を判定演算部42（図4）に供給する。

【0065】一方、自己相関係数算出部41（図4）は、このとき切り出された相関窓（小）AR3の自己相関演算範囲SC3及びSC4に対応づけられた自己相関演算範囲SC5及びSC6を選択し、当該選択した自己相関演算範囲SC5及びSC6それぞれの自己相関係数を上述の（5）式と同様の演算によって算出する。さらに自己相関係数算出部41（図4）は、自己相関演算範囲SC5及びSC6それぞれ算出した自己相関係数を平均化することにより、新たに算出された自己相関係数を判定演算部42（図4）に供給する。

【0066】このように、複数の自己相関演算範囲を選択するようにすれば、自己相関係数算出部は、一段と広範囲の自己相関演算範囲を確保することになり、これにより自己相関係数算出部は、一段と多くのサンプル数によって自己相関係数を算出することができる。

【0067】次に、図1について上述した予測係数メモ

リ15に記憶するクラス毎の予測係数のセットを予め学習によって得るための学習回路について説明する。

【0068】図8において、学習回路30は、高音質の教師オーディオデータD30を生徒信号生成フィルタ37に受ける。生徒信号生成フィルタ37は、間引き率設定信号D39により設定された間引き率で教師オーディオデータD30を所定時間ごととに所定サンプル間引きくようになされている。

【0069】この場合、生徒信号生成フィルタ37における間引き率によって、生成される予測係数が異なり、これに応じて上述のオーディオ信号処理装置10で再現されるオーディオデータも異なる。例えば、上述のオーディオ信号処理装置10においてサンプリング周波数を高くすることでオーディオデータの音質を向上しようとする場合、生徒信号生成フィルタ37ではサンプリング周波数を減らす間引き処理を行う。また、これに対して上述のオーディオ信号処理装置10において入力オーディオデータD10の欠落したデータサンプルを補うことで音質の向上を図る場合には、これに応じて、生徒信号生成フィルタ37ではデータサンプルを欠落させる間引き処理を行うようになされている。

【0070】かくして、生徒信号生成フィルタ37は教師オーディオデータD30から所定の間引き処理により生徒オーディオデータD37を生成し、これを自己相関演算部31、可変クラス分類抽出部32及び可変予測演算抽出部33それぞれに供給する。

【0071】自己相関演算部31は生徒信号生成フィルタ37から供給された生徒オーディオデータD37を所定時間毎の領域（この実施の形態の場合、例えば6サンプル毎とする）に分割した後、当該分割された各時間領域の波形について、図4において上述した自己相関係数判定方法によりその自己相関係数を算出し、当該算出した自己相関係数に基づいて、時間軸に切り出す領域及び位相変動を判定する。

【0072】自己相関演算部31はこのとき算出した生徒オーディオデータD37の自己相関係数に基づいて、時間軸に切り出す領域の判定結果を抽出制御データD31として可変クラス分類抽出部32及び可変予測演算抽出部33にそれぞれ供給すると共に、位相変動の判定結果を相関データD35としてクラス分類部14に供給する。

【0073】また、可変クラス分類抽出部32は生徒信号生成フィルタ37から供給された生徒オーディオデータD37を、自己関数演算部31から供給された抽出制御データD31に応じて指定された領域を切り出しすることにより、クラス分類しようとするクラススタップD32を抽出（この実施の形態の場合、例えば6サンプルとする）し、これをクラス分類部34に供給する。

【0074】クラス分類部34は、可変クラス分類抽出部32において抽出されたクラススタップD32を圧縮し

て圧縮データパターンを生成するADRC (Adaptive Dynamic Range Coding) 回路部と、クラススタップD32の属するクラスコードを発生するクラスコード発生回路部とを有する。

【0075】ADRC回路部はクラススタップD32に対して、例えば8ビットから2ビットに圧縮するような演算を行うことによりパターン圧縮データを形成する。このADRC回路部は、適応的量子化を行うものであり、ここでは、信号レベルの局所的なパターンを短い語長で効率的に表現することができるので、信号パターンのクラス分類のコード発生用に用いられる。

【0076】具体的には、6つの8ビットのデータ（クラススタップ）をクラス分類しようとする場合、 $2^8$ という膨大な数のクラスに分類しなければならず、回路上の負担が多くなる。そこで、この実施の形態のクラス分類部34ではその内部に設けられたADRC回路部で生成されるパターン圧縮データに基づいてクラス分類を行う。例えば6つのクラススタップに対して1ビットの量子化を実行すると、6つのクラススタップを6ビットで表すことができ、 $2^6 = 64$ クラスに分類することができる。

【0077】ここで、ADRC回路部は、クラススタップのダイナミックレンジをDR、ビット割り当てをm、各クラススタップのデータレベルをL、量子化コードをQとして、上述の(1)式と同様の演算により、領域内の最大値MAXと最小値MINとの間を指定されたビット長で均等に分割して量子化を行う。かくして、自己相関演算部31において算出された自己相関係数の判定結果（抽出制御データD31）に応じて抽出された6つのクラススタップが、それぞれ例えば8ビット（ $m=8$ ）で構成されているとすると、これらはADRC回路部においてそれぞれが2ビットに圧縮される。

【0078】このようにして圧縮されたクラススタップをそれぞれ $q_i$ （ $i=1 \sim 6$ ）とすると、クラス分類部34に設けられたクラスコード発生回路部は、圧縮されたクラススタップ $q_i$ に基づいて、上述の(2)式と同様の演算を実行することにより、そのクラススタップ（ $q_1 \sim q_6$ ）が属するクラスを示すクラスコードclassを算出する。

【0079】ここで、クラスコード発生回路部は、算出したクラスコードclassに対応づけて自己相関演算部31から供給された相関データD35を統合し、これにより得られたクラスコードclass'を示すクラスコードデータD34を予測係数メモリ15に供給する。このクラスコードclass'は、予測係数メモリ15から予測係数を読み出す際の読み出しアドレスを示す。因みに(2)式において、nは圧縮されたクラススタップ $q_i$ の数を表し、この実施の形態の場合 $n=6$ であり、またPはADRC回路部において圧縮されたビット割り当てを表し、この実施の形態の場合 $P=2$ である。



【0080】このようにして、クラス分類部34は可変クラス分類部抽出部32において生徒オーディオデータD37から抽出されたクラスタップD32のクラスコードに対応づけて相関データD35を統合し、これにより得られたクラスコードデータD34を生成し、これを予測係数メモリ15に供給する。

【0081】また、予測係数算出部36には、可変予測演算抽出部33において自己相関演算部31からの抽出制御データD31に応じて、可変クラス分類抽出部32と同様に切り出して抽出された予測演算しようとする予測タップD33 ( $X_1 \sim X_n$ ) が供給される。

【0082】予測係数算出部36は、クラス分類部34から供給されたクラスコードデータD34 (クラスコードclass') と、各予測タップD33と、入力端T<sub>1n</sub>から供給された高音質の教師オーディオデータD30とを\*

$$y = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n \quad \dots (6)$$

【0085】とする。学習前は、 $W_n$  が未定係数である。

【0086】学習回路30では、クラスコード毎に、複数のオーディオデータに対して学習を行う。データサン×20

$$y_k = w_1 x_{k1} + w_2 x_{k2} + \dots + w_n x_{kn} \quad \dots (7)$$

【0088】が設定される。但し  $k=1, 2, \dots, M$  である。

【0089】 $M > n$  の場合、予測係数  $w_1, \dots, w_n$  は一意に決まらないので、誤差ベクトル  $e$  の要素を次

$$e_k = y_k - [w_1 x_{k1} + w_2 x_{k2} + \dots + w_n x_{kn}] \quad \dots (8)$$

【0091】によって定義し (但し、 $k=1, 2, \dots, M$ )、次式、

$$e^2 = \sum_{k=1}^M e_k^2 \quad \dots (9)$$

【0093】を最小にする予測係数を求める。いわゆる、最小自乗法による解法である。

【0094】ここで、(9)式による  $w_n$  の偏微分係数◆

$$\begin{aligned} \frac{\partial e^2}{\partial w_i} &= \sum_{k=1}^M 2 \left[ \frac{\partial e_k}{\partial w_i} \right] e_k = \sum_{k=1}^M 2 x_{ki} \cdot e_k \\ &= \sum_{k=1}^M 2 x_{ki} \cdot e_k \quad (i=1, 2, \dots, n) \end{aligned} \quad \dots (10)$$

【0096】を「0」にするように、各  $W_n$  ( $n=1 \sim 6$ ) を求めれば良い。

【0097】そして、次式、

$$X_{ii} = \sum_{k=1}^M x_{ki} \cdot x_{ki} \quad \dots (11)$$

【0099】

$$Y_i = \sum_{k=1}^M x_{ki} \cdot y_k \quad \dots (12)$$

【0100】のように、 $X_{ii}$ 、 $Y_i$  を定義すると、(1 50 0) 式は行列を用いて次式、

\*用いて、正規方程式を立てる。

【0083】すなわち、生徒オーディオデータD37の  $n$  サンプルのレベルをそれぞれ  $x_1, x_2, \dots, x_n$  として、それぞれに  $p$  ビットのADRCを行った結果の量子化データを  $q_1, \dots, q_n$  とする。このとき、この領域のクラスコードclassを上述の(2)式のように定義する。そして、上述のように生徒オーディオデータD37のレベルをそれぞれ、 $x_1, x_2, \dots, x_n$  とし、高音質の教師オーディオデータD30のレベルを  $y$  としたとき、クラスコード毎に、予測係数  $w_1, w_2, \dots, w_n$  による  $n$  タップの線形推定式を設定する。これを次式、

【0084】

【数6】

\*ブル数が  $M$  の場合、上述の(6)式に従って、次式、

【0087】

【数7】

★式、

【0090】

【数8】

☆【0092】

☆ 【数9】

◆を求める。この場合、次式、

【0095】

【数10】

\*【0098】

【数11】

\*

※ ※【数12】

【0101】

$$\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} \quad \cdots (13)$$

【0102】として表される。

【0103】この方程式は、一般に正規方程式と呼ばれている。なお、ここでは $n=6$ である。

【0104】全ての学習用データ（教師オーディオデータD30、クラスコードclass、予測タップD33）の入力が完了した後、予測係数算出部36は各クラスコードclassに上述の(13)式に示した正規方程式を立てて、この正規方程式を掃き出し法等の一般的な行列解法を用いて、各 $w_i$ について解き、各クラスコード毎に、予測係数を算出する。予測係数算出部36は、算出された各予測係数(D36)を予測係数メモリ15に書き込む。

【0105】このような学習を行った結果、予測係数メモリ15には、量子化データ $q_1, \dots, q_n$ で規定されるパターン毎に、高音質のオーディオデータ $y$ を推定するための予測係数が、各クラスコード毎に格納される。この予測係数メモリ15は、図1について上述したオーディオ信号処理装置10において用いられる。かかる処理により、線形推定式に従って通常のオーディオデータから高音質のオーディオデータを作成するための予測係数の学習が終了する。

【0106】このように、学習回路30は、オーディオ信号処理装置10において補間処理を行う程度を考慮して、生徒信号生成フィルタ37で高音質の教師オーディオデータの間引き処理を行うことにより、オーディオ信号処理装置10における補間処理のための予測係数を生成することができる。

【0107】以上の構成において、オーディオ信号処理装置10は、自己相関演算部11において入力オーディオデータD10の時間波形領域での自己相関係数を算出する。自己相関演算部11が判定する判定結果は入力オーディオデータD10の音質ごとになるもので、オーディオ信号処理装置10は入力オーディオデータD10の自己相関係数の判定結果に基づいてそのクラスを特定する。

【0108】オーディオ信号処理装置10は、予め学習時に例えば歪みのない高音質のオーディオデータ（教師オーディオデータ）を得るための予測係数をクラス毎に求めておき、自己相関係数の判定結果に基づいてクラス分類された入力オーディオデータD10をそのクラスに応じた予測係数により予測演算する。これにより、入力オーディオデータD10はその音質に応じた予測係数を用いて予測演算されるので、実用上十分な程度に音質が

向上する。

【0109】また、クラス毎の予測係数を生成する学習時において、位相の異なる多数の教師オーディオデータについてそれぞれに対応した予測係数を求めておくことにより、オーディオ信号処理装置10における入力オーディオデータD10のクラス分類適応処理時に位相変動が生じて、位相変動に対応した処理を行うことができる。

【0110】以上の構成によれば、入力オーディオデータD10の時間波形領域における自己相関係数の判定結果に基づいて入力オーディオデータD10をクラス分類し、当該クラス分類された結果に基づく予測係数を用いて入力オーディオデータD10を予測演算するようにしたことにより、入力オーディオデータD10を一段と高音質のオーディオデータD16に変換することができる。

【0111】なお上述の実施の形態においては、自己相関演算部11及び31が時間軸波形のデータ（相関窓（小）に基づいて選択した自己演算範囲SC1及び相関窓（大）から自己演算範囲SC1に対応づけて選択した自己演算範囲SC2）をそのまま用いて上述の(5)式に従って演算することにより、自己相関係数を算出する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、時間軸波形の傾斜極性に着目し、当該傾斜極性を特徴量として表されるデータに変換後、当該変換した変換データを上述の(5)式に従って演算することにより、自己相関係数を算出するようにしても良い。

【0112】この場合、時間軸波形の傾斜極性を特徴量として表されるデータに変換された変換データは、振幅成分が取り除かれるため、当該変換データを上述の(5)式に従って演算することにより算出された自己相関係数は、振幅に依存しない値として求められる。従って、変換データを上述の(5)式に従って演算することにより算出する自己相関演算部は、一段と周波数成分に依存した自己相関係数を求めることができる。

【0113】このように、時間軸波形の傾斜極性に着目し、当該傾斜極性を特徴量として表されるデータに変換後、当該変換した変換データを上述の(5)式に従って演算するようにすれば、一段と周波数成分に依存した自己相関係数を求めることができる。

【0114】また上述の実施の形態においては、自己相関演算部11及び31が位相変動の判定を行った結果である相関クラスD15を1ビットで表す場合について述

10

20

30

40

50

べたが、本発明はこれに限らず、多ビットで表すようにしても良い。

【0115】この場合、自己相関演算部11の判定演算部42(図4)は、自己相関係数算出部40及び41から供給された自己相関係数D40の値と、自己相関係数D41の値との差分値に応じて、多ビットで表す(量子化)相関クラスD15を生成し、これをクラス分類部14に供給する。

【0116】そしてクラス分類部14は、自己相関演算部11から供給された多ビットで表されている相関クラスD15を図1について上述したADRC回路部においてパターン圧縮化し、当該相関クラスD15が属するクラスを示すクラスコードclass 2を算出する。またクラス分類部14は、このとき可変クラス分類抽出部12から供給されたクラスタップD12について算出したクラスコードclass 1に、相関クラスD15について算出したクラスコードclass 2を統合し、これにより得られたクラスコードclass 3を示すクラスコードデータを予測係数メモリ15に供給する。

【0117】さらに、クラスコードclass 3に対応する予測係数のセットを記憶する学習回路の自己相関演算部31においても自己相関演算部11と同様に、多ビットで表す(量子化)相関クラスD35を生成し、これをクラス分類部34に供給する。

【0118】そしてクラス分類部34は、自己相関演算部31から供給された多ビットで表されている相関クラスD35を図8について上述したADRC回路部においてパターン圧縮化し、当該相関クラスD35が属するクラスを示すクラスコードclass 5を算出する。またクラス分類部34は、このとき可変クラス分類抽出部32から供給されたクラスタップD32について算出したクラスコードclass 4に、相関クラスD35について算出したクラスコードclass 5を統合し、これにより得られたクラスコードclass 6を示すクラスコードデータを予測係数算出部36に供給する。

【0119】このようにすれば、自己相関演算部11及び31が位相変動の判定を行った結果である相関クラスを多ビットで表すことができ、これによりクラス分類の頻度を一段と多くできる。従って、クラス分類された結果に基づく予測係数を用いて入力されたオーディオデータの予測演算を行うオーディオ信号処理装置は、一段と高音質のオーディオデータに変換することができる。

【0120】さらに上述の実施の形態においては、窓関数としてハミング窓を用いて乗算する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、ハミング窓に代えて、例えばハニング窓やブラックマン窓等、他の窓関数によって乗算するようにしても良い。

【0121】さらに上述の実施の形態においては、予測方式として線形一次による手法を用いる場合について述べたが、本発明はこれに限らず、要は学習した結果を用

いるようにすれば良く、例えば多次関数による手法、さらには入力端子 $T_{in}$ から供給されるデジタルデータを画像データの場合には、画素値自体から予測する手法等、種々の予測方式を適用することができる。

【0122】さらに上述の実施の形態においては、圧縮データパターンを生成するパターン生成手段として、ADRCを行う場合について述べたが、本発明はこれに限らず、例えば可逆符号化(DPCM: Differential Pulse Code Modulation)やベクトル量子化(VQ: Vector Quantize)等の圧縮手段を用いるようにしても良い。要は、信号波形のパターンを少ないクラスで表現し得るような情報圧縮手段であれば良い。

【0123】さらに上述の実施の形態においては、オーディオ信号処理装置(図2)がプログラムによってオーディオデータ変換処理手順を実行する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、ハードウェア構成によってこれらの機能を実現して種々のデジタル信号処理装置(例えば、レートコンバータ、オーバーサンプリング処理装置、BS(Broadcasting Satellite)放送等に用いられているPCM(Pulse Code Modulation)エラー修正装置等)内に設けたり、又は各機能を実現するプログラムを格納したプログラム格納媒体(フロッピー(登録商標)ディスク、光ディスク等)からこれらのプログラムを種々のデジタル信号処理装置にロードして各機能部を実現するようにしても良い。

【0124】

【発明の効果】上述のように本発明によれば、デジタル信号から複数の大きさの窓で切り出してそれぞれの自己相関係数を算出し、自己相関係数の算出結果に基づいてそのクラスを分類し、分類されたクラスに対応した予測方式でデジタル信号を変換するようにしたことにより、一段とデジタル信号の特徴に適応した変換を行うことができ、かくして、デジタル信号の波形再現性を一段と向上した高音質のデジタル信号への変換を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるオーディオ信号処理装置の構成を示す機能ブロック図である。

【図2】本発明によるオーディオ信号処理装置の構成を示すブロック図である。

【図3】オーディオデータ変換処理手順を示すフローチャートである。

【図4】自己相関演算部の構成を示すブロック図である。

【図5】自己相関係数判定方法の説明に供する略線図である。

【図6】タップ切り出し例を示す略線図である。

【図7】他の実施の形態における自己相関係数判定方法の説明に供する略線図である。

【図8】本発明による学習回路の構成を示すブロック図

である。

【符号の説明】

10……オーディオ信号処理装置、11……スペクトル  
処理部、22……ROM、15……RAM、24……通\*

\* 信インターフェース、25……ハードディスクドライ  
ブ、26……入力手段、27……データ入出力部、28  
……リムーバブルドライブ。

【図1】

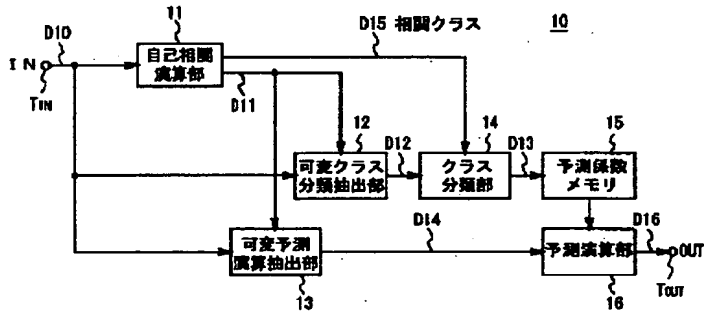


図1 オーディオ信号処理装置の構成

【図2】

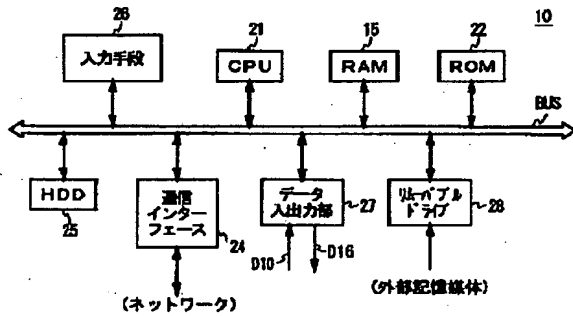


図2 オーディオ信号処理装置

【図4】

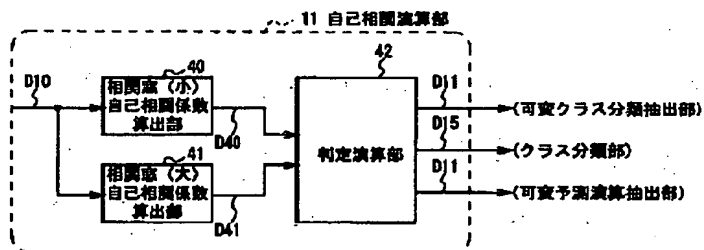


図4 自己相関演算部の構成

【図3】

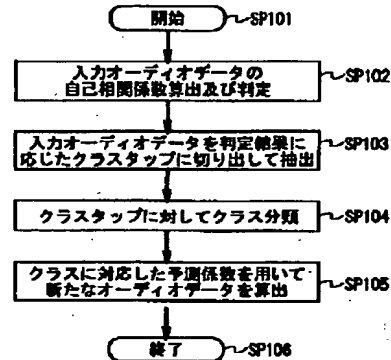


図3 オーディオデータ変換処理手順

【図5】

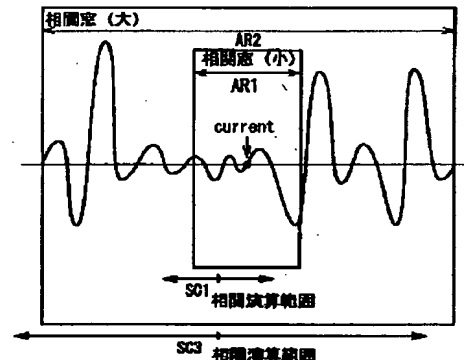


図5 自己相関係数判定方法

【図6】

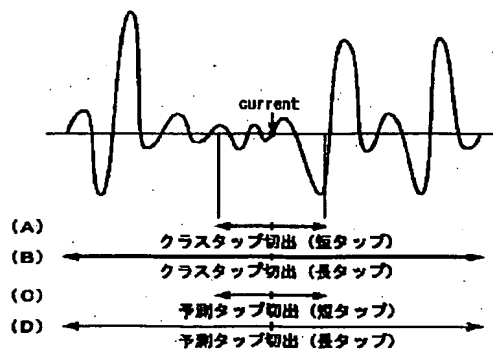


図6 タップ切り出し例

【図7】

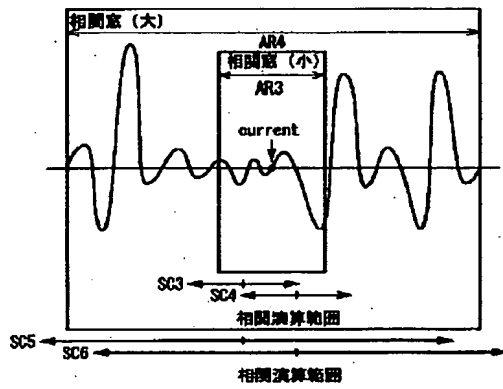


図7 他の実施の形態における自己相関係数判定方法

【図8】

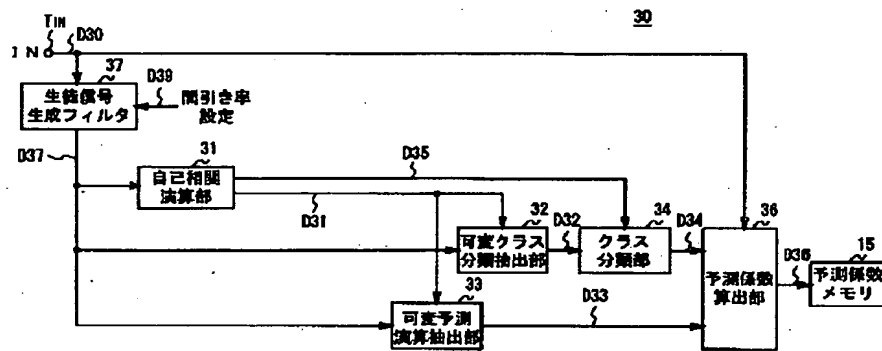


図8 学習回路の構成

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-049397

(43)Date of publication of application : 15.02.2002

(51)Int.Cl.

G10L 19/04

G10L 19/00

H03M 7/30

(21)Application number : 2000-238895

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 02.08.2000

(72)Inventor : KONDO TETSUJIRO  
WATANABE TSUTOMU

(54) DIGITAL SIGNAL PROCESSING METHOD, LEARNING METHOD, AND THEIR APPARATUS, AND PROGRAM STORAGE MEDIA THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a digital signal processing method capable of further improving the waveform reproducibility of a digital signal, a learning method, and their apparatus and a program storage media therefor.

SOLUTION: In this digital signal processing method, a plurality of windows are used to cut out parts of a digital signal D10 to calculate respective auto-correlation coefficients D40 and D41, the cut-out data are categorized into classes on the basis of the calculation results of the auto-correlation coefficients D40 and D41, and the digital signal D10 is converted by prediction systems corresponding to the categorized classes. Thus the method makes it possible to perform a conversion further adaptive to the characteristics of the digital signal D10.

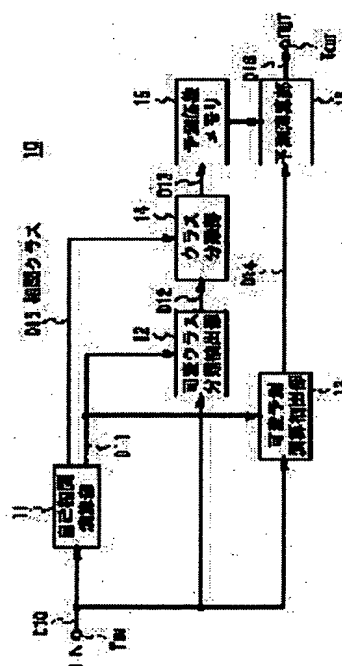


図 1 デジタル信号処理装置の構成

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The digital-signal-processing approach of carrying out having the step which generates in the step which computes each auto correlation coefficient in the digital-signal-processing approach of changing a digital signal, by starting by the aperture of two or more magnitude from the above-mentioned digital signal, the step into which the class classifies based on the calculation result of the above-mentioned auto correlation coefficient, and the new digital signal which come to change the above-mentioned digital signal by carrying out the prediction operation of the above-mentioned digital signal by the prediction method corresponding to the class by which the classification was carried out [ above-mentioned ] as the description.

[Claim 2] The digital-signal-processing approach according to claim 1 characterized by preparing the retrieval range global at least and the local retrieval range as a candidate for calculation of the above-mentioned auto correlation coefficient, and computing the above-mentioned auto correlation coefficient about the retrieval range concerned to the above-mentioned digital signal at the step which computes the above-mentioned auto correlation coefficient.

[Claim 3] The digital-signal-processing approach according to claim 1 characterized by computing the above-mentioned auto correlation coefficient at the step which computes the above-mentioned auto correlation coefficient after losing the amplitude component of the above-mentioned digital signal.

[Claim 4] An auto correlation coefficient calculation means to compute each auto correlation coefficient in the digital-signal-processing equipment which changes a digital signal by starting by the aperture of two or more magnitude from the above-mentioned digital signal, A class classification means to classify the class based on the calculation result of the above-mentioned auto correlation coefficient, Digital-signal-processing equipment characterized by having a prediction operation means to generate the new digital signal which comes to change the above-mentioned digital signal by carrying out the prediction operation of the above-mentioned digital signal by the prediction method corresponding to the class by which the classification was carried out [ above-mentioned ].

[Claim 5] The above-mentioned auto correlation coefficient calculation means is digital-signal-processing equipment according to claim 4 characterized by preparing the retrieval range global at least and the local retrieval range as a candidate for calculation of the above-mentioned auto correlation coefficient, and computing the above-mentioned auto correlation coefficient about the retrieval range concerned to the above-mentioned digital signal.

[Claim 6] The above-mentioned auto correlation coefficient calculation means is digital-signal-processing equipment according to claim 4 characterized by computing the above-mentioned auto correlation coefficient after losing the amplitude component of the above-mentioned digital signal.

[Claim 7] The program storing medium which makes digital-signal-processing equipment perform the program which includes in the step which generates the step which computes each auto correlation coefficient by starting by the aperture of two or more magnitude from a digital signal, the step into which the class classifies based on the calculation result of the above-mentioned auto correlation coefficient, and the new digital signal which come to change the above-



mentioned digital signal by carrying out the prediction operation of the above-mentioned digital signal by the prediction method corresponding to the class by which the classification was carried out [ above-mentioned ].

[Claim 8] The program storing medium according to claim 7 characterized by preparing the retrieval range global at least and the local retrieval range as a candidate for calculation of the above-mentioned auto correlation coefficient, and computing the above-mentioned auto correlation coefficient about the retrieval range concerned to the above-mentioned digital signal at the step which computes the above-mentioned auto correlation coefficient.

[Claim 9] The program storing medium according to claim 7 characterized by computing the above-mentioned auto correlation coefficient at the step which computes the above-mentioned auto correlation coefficient after losing the amplitude component of the above-mentioned digital signal.

[Claim 10] In the study approach which generates the prediction coefficient used for the prediction operation of the above-mentioned transform processing of the digital-signal-processing equipment which changes a digital signal The step which generates the student digital signal who degraded the digital signal concerned from the digital signal considered as a request, The step which computes each auto correlation coefficient by starting by the aperture of two or more magnitude from the above-mentioned student digital signal, The study approach characterized by having the step which computes the prediction coefficient corresponding to the above-mentioned class based on the step into which the class is classified based on the calculation result of the above-mentioned auto correlation coefficient, and the above-mentioned digital signal and the above-mentioned student digital signal.

[Claim 11] The study approach according to claim 10 characterized by preparing the retrieval range global at least and the local retrieval range as a candidate for calculation of the above-mentioned auto correlation coefficient, and computing the above-mentioned auto correlation coefficient about the retrieval range concerned to the above-mentioned digital signal at the step which computes the above-mentioned auto correlation coefficient.

[Claim 12] The study approach according to claim 10 characterized by computing the above-mentioned auto correlation coefficient at the step which computes the above-mentioned auto correlation coefficient after losing the amplitude component of the above-mentioned digital signal.

[Claim 13] In the study equipment which generates the prediction coefficient used for the prediction operation of the above-mentioned transform processing of the digital-signal-processing equipment which changes a digital signal A student digital signal generation means to generate the student digital signal who degraded the digital signal concerned from the digital signal considered as a request, An auto correlation coefficient calculation means to compute each auto correlation coefficient by starting by the aperture of two or more magnitude from the above-mentioned student digital signal, Study equipment characterized by having a prediction coefficient calculation means to compute the prediction coefficient corresponding to the above-mentioned class based on a class classification means to classify the class based on the calculation result of the above-mentioned auto correlation coefficient, and the above-mentioned digital signal and the above-mentioned student digital signal.

[Claim 14] The above-mentioned auto correlation coefficient calculation means is study equipment according to claim 13 characterized by preparing the retrieval range global at least and the local retrieval range as a candidate for calculation of the above-mentioned auto correlation coefficient, and computing the above-mentioned auto correlation coefficient about the retrieval range concerned to the above-mentioned digital signal.

[Claim 15] The above-mentioned auto correlation coefficient calculation means is study equipment according to claim 13 characterized by computing the above-mentioned auto correlation coefficient after losing the amplitude component of the above-mentioned digital signal.

[Claim 16] The program storing medium which makes study equipment perform the program containing the step which computes the prediction coefficient corresponding to the above-mentioned class based on the step which generates the student digital signal who degraded the

digital signal concerned from the digital signal which considers as a request, the step which compute each auto correlation coefficient by starting by the aperture of two or more magnitude from the above-mentioned student digital signal, the step into which the class classifies based on the calculation result of the above-mentioned auto correlation coefficient, and the above-mentioned digital signal and the above-mentioned student digital signal.

[Claim 17] The program storing medium according to claim 16 characterized by preparing the retrieval range global at least and the local retrieval range as a candidate for calculation of the above-mentioned auto correlation coefficient, and computing the above-mentioned auto correlation coefficient about the retrieval range concerned to the above-mentioned digital signal at the step which computes the above-mentioned auto correlation coefficient.

[Claim 18] The program storing medium according to claim 16 characterized by computing the above-mentioned auto correlation coefficient at the step which computes the above-mentioned auto correlation coefficient after losing the amplitude component of the above-mentioned digital signal.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

**[Field of the Invention]** This invention relates to a program storing medium at the digital-signal-processing approach, the study approaches, and those equipment lists, and is a rate converter or PCM (Pulse Code Modulation). It applies to a program storing medium and is suitable for the digital-signal-processing approach of performing interpolation processing of data to a digital signal in decode equipment etc., the study approaches, and those equipment lists.

**[0002]**

**[Description of the Prior Art]** Before inputting a digital audio signal into digital one/analog converter conventionally, exaggerated sampling processing which changes a sampling frequency by several times the original value is performed. Thereby, the digital audio signal outputted from digital one/analog converter is made as [ eliminate / the phase characteristic of an analog anti-aliasing filter is kept constant in an audio frequency quantity region, and / the effect of the image noise of the digital system accompanying a sampling ].

**[0003]** In this exaggerated sampling processing, the digital filter of a linearity primary (straight line) interpolation method is usually used. Such a digital filter generates linear interpolation data in quest of the average value of two or more existing data, when a sampling rate changes or data are missing.

**[0004]**

**[Problem(s) to be Solved by the Invention]** However, although the amount of data has become precise several times to time amount shaft orientations by linearity linear interpolation as for the digital audio signal after exaggerated sampling processing, the frequency band of the digital audio signal after exaggerated sampling processing seldom changes to before conversion, and the tone quality itself has not improved. Furthermore, since the interpolated data were not necessarily generated based on the wave of the analog audio signal in front of A/D conversion, most its wave repeatability has not improved.

**[0005]** Moreover, although the frequency was changed using the sampling rate converter when the digital audio signal from which a sampling frequency differs was dubbed, it was difficult to be able to perform only interpolation of linear data but to improve tone quality and wave repeatability with a linearity primary digital filter, also by this case. Furthermore, it is the same when the data sample of a digital audio signal is missing.

**[0006]** This invention was made in consideration of the above point, and tends to propose a program storing medium in the digital-signal-processing approach which may improve the wave repeatability of a digital signal much more, the study approaches, and those equipment lists.

**[0007]**

**[Means for Solving the Problem]** Conversion which was adapted for the description of a digital signal much more can be performed by computing each auto correlation coefficient in this invention by starting by the aperture of two or more magnitude from a digital signal, in order to solve this technical problem, classifying the class based on the calculation result of an auto correlation coefficient, and having changed the digital signal by the prediction method corresponding to the classified class.

[0008]

[Embodiment of the Invention] About a drawing, the gestalt of 1 operation of this invention is explained in full detail below.

[0009] In case the audio signal processor 10 raises the sampling rate of a digital audio signal (this is called audio data below) or audio data are interpolated in drawing 1, it is made as [ generate / the audio data near a true value / class classification application processing ].

[0010] Incidentally, the audio data in the gestalt of this operation are the musical-sound data showing human being's voice, the sound of a musical instrument, etc., and data which express various sounds further in addition to this.

[0011] That is, in the audio signal processor 10, after the autocorrelation operation part 11 cuts down the input audio data D10 supplied from the input terminal TIN as current data for every predetermined time, it computes an auto correlation coefficient by the auto correlation coefficient judging approach mentioned later about each cut-down current data concerned, and performs the judgment of the field started on a time-axis, and phase fluctuation based on the computed auto correlation coefficient concerned.

[0012] The autocorrelation operation part 11 is supplied to the class classification section 14 as a correlation class D15 which expresses with 1 bit the result of having judged phase fluctuation while supplying it to the adjustable class classification extract section 12 and the adjustable prediction operation extract section 13 about each current data cut down at this time by using as the extract control data D11 the result of having judged the field started on a time-axis.

[0013] The adjustable class classification extract section 12 moreover, by starting and carrying out the field specified according to the extract control data D11 to which the input audio data D10 supplied from the input terminal TIN were supplied from the autocorrelation operation part 11 The audio data point (this is hereafter called a class tap) D12 which is going to carry out a class classification is extracted (in the case of the gestalt of this operation (for example, six samples), it carries out), and this is supplied to the class classification section 14.

[0014] The class classification section 14 is ADRC (Adaptive Dynamic Range Coding) which compresses the class tap D12 extracted in the adjustable class classification extract section 12, and generates a compression data pattern. It has the circuit section and the class code generating circuit section which generates the class code to which the class tap D12 belongs.

[0015] The ADRC circuit section forms pattern compressed data by performing an operation which is compressed into 2 bits from 8 bits as opposed to the class tap D12. Since this ADRC circuit section can perform accommodative quantization and can express the local pattern of signal level efficiently by the short word length here, it is used for code generating of a class classification of a signal pattern.

[0016] When it is going to carry out the class classification of the six 8-bit data (class tap), it must classify into a huge number 248 of classes, and, specifically, the burden on a circuit increases. So, in the class classification section 14 of the gestalt of this operation, a class classification is performed based on the pattern compressed data generated in the ADRC circuit section prepared in that interior. For example, if 1-bit quantization is performed to six class taps, six class taps can be expressed with 6 bits, and can be classified into  $2^6 = 64$  class.

[0017] When it is here, and the ADRC circuit section sets the data level of m and each class tap to L and sets [ the dynamic range of a class tap ] a quantization code to Q for DR and bit assignment, it is a degree type and [0018].

[Equation 1]

$$DR = MAX - MIN + 1$$

$$Q = \{ (L - MIN + 0.5) \times 2^m / DR \} \quad \dots\dots (1)$$

[0019] It is alike, and it follows and quantizes by dividing equally by the bit length which had between the maximum MAX in a field, and the minimum values MIN specified. In addition, in (1) type, { } means the cut-off processing below decimal point. Supposing six class taps extracted in this way according to the judgment result (extract control data D11) of the auto correlation coefficient computed in the autocorrelation operation part 11 consist of 8 bits (m= 8), for

example, respectively, as for these, each will be compressed into 2 bits in the ADRC circuit section.

[0020] Thus, if the compressed class tap is set to  $q_n$  ( $n=1-6$ ), respectively, the class code generating circuit section prepared in the class classification section 14 is the compressed class tap  $q_n$ . It is based and is a degree type and [0021].

[Equation 2]

$$\text{class} = \sum_{i=1}^n q_i (2^P)^i \quad \dots\dots (2)$$

[0022] Class code class which shows the class to which the class tap ( $q_1 - q_6$ ) belongs by being alike and performing the shown operation It computes.

[0023] Here, the class code generating circuit section is the computed class code class. The correlation class D15 expressed with 1 bit which matched and was supplied from the autocorrelation operation part 11 is unified, and the class code data D13 in which class code class ' obtained by this is shown are supplied to the prediction coefficient memory 15. This class code class ' shows the read-out address at the time of reading a prediction coefficient from the prediction coefficient memory 15. Incidentally it is the class tap  $q_n$  into which  $n$  was compressed in (2) types. A number is expressed and, in the case of the gestalt of this operation, it is  $n=6$ , and  $P$  expresses the bit assignment compressed in the ADRC circuit section, and, in the case of the gestalt of this operation, is  $P=2$ .

[0024] Thus, the class classification section 14 is matched with the class code of the class tap D12 extracted from the input audio data D10 in the adjustable class classification extract section 12, unifies the correlation class D15, generates the class code data D13 obtained by this, and supplies this to the prediction coefficient memory 15.

[0025] Set  $W_1 - W_n$  of the prediction coefficient which the set of the prediction coefficient corresponding to each class code is memorized to the address corresponding to a class code by the prediction coefficient memory 15, respectively, and is memorized to the address corresponding to the class code concerned based on the class code data D13 supplied from the class classification section 14 It is read and the prediction operation part 16 is supplied.

[0026] Moreover, the audio data point (this is hereafter called a prediction tap) D14 ( $X_1 - X_n$ ) which started like the adjustable class classification extract section 12, and was extracted according to the extract control data D11 from the autocorrelation operation part 11 in the adjustable prediction operation extract section 13 and which is going to carry out a prediction operation is supplied to the prediction operation part 16.

[0027] The prediction operation part 16 is the prediction tap D14 ( $X_1 - X_n$ ) supplied from the adjustable prediction operation extract section 13, and prediction coefficient  $W_1 - W_n$  supplied from the prediction coefficient memory 15. It receives and is a degree type [0028].

[Equation 3]

$$y' = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots\dots + w_n x_n \quad \dots\dots (3)$$

[0029] Prediction result  $y'$  is obtained by being alike and performing the shown sum-of-products operation. This forecast  $y'$  is outputted from the prediction operation part 16 as audio data D16 with which tone quality has been improved.

[0030] In addition, although functional block mentioned above about drawing 1 as a configuration of the audio signal processor 10 was shown, the equipment of a computer configuration shown in drawing 2 in the gestalt of this operation as a concrete configuration which constitutes this functional block is used. In drawing 2 namely, the audio signal processor 10 It has RAM (Random Access Memory)15 which constitutes CPU21, ROM (Read Only Memory)22, and the prediction coefficient memory 15 through Bus BUS, and the configuration to which each circuit section was connected, respectively. By performing the various programs stored in ROM22, CPU11 It is made as [ operate / as each functional block (the autocorrelation operation part 11, the adjustable class classification extract section 12, the adjustable prediction operation extract section 13, the class classification section 14, and prediction operation part 16) mentioned above about drawing 1 ].

[0031] Moreover, it has the removable drive 28 which reads information from external storage,

such as the communication link interface 24 and floppy disk which communicate between networks, and a magneto-optic disk, to the audio signal processor 10, each program for performing class classification application processing mentioned above about drawing 1 can be read into the hard disk of a hard disk drive unit 25 from a network course or external storage, and class classification adaptation processing can also be carried out according to the read program concerned.

[0032] A user performs class classification processing mentioned above about drawing 1 to CPU21 by inputting a predetermined command through the input means 26, such as a keyboard and a mouse. In this case, after the audio signal processor 10 inputs the audio data (input audio data) D10 which are going to raise tone quality through the data I/O section 27 and performs class classification application processing to the input audio data D10 concerned, it is made as [ output / through the data I/O section 27 / the audio data D16 whose tone quality improved / outside ].

[0033] Incidentally, drawing 3 shows the procedure of the class classification adaptation processing in the audio signal processor 10, and if the audio signal processor 10 goes into the procedure concerned from a step SP 101, it will compute the auto correlation coefficient of the input audio data D10 in the continuing step SP 102, and will perform the judgment of the field started on a time-axis in the autocorrelation operation part 11, and phase fluctuation based on the computed auto correlation coefficient concerned.

[0034] The judgment result (namely, extract control data D11) of the field started on a time-axis is expressed based on whether similarity is in boom hoisting of the description part of the input audio data D10, and the amplitude of the neighborhood, and it determines the field which a prediction tap starts while it determines the field which a class tap starts.

[0035] Therefore, the class tap D12 is extracted by the audio signal processor's 10 moving to a step SP 103, and starting the field specified according to the judgment result (namely, extract control data D11) in the input audio data D10 in the adjustable class classification extract section 12. And the audio signal processor 10 moves to a step SP 104, and a class is classified to the class tap D12 extracted in the adjustable class classification extract section 12.

[0036] Furthermore, the audio signal processor 10 unifies the correlation class code obtained by the judgment result of phase fluctuation of the input audio data D10 in the autocorrelation operation part 11 in the class code obtained as a result of the class classification, and reads a prediction coefficient from the prediction coefficient memory 15 to it using the class code obtained by this. This prediction coefficient corresponds for every class by study beforehand, and is stored, and the audio signal processor 10 can use the prediction coefficient corresponding to the description of the input audio data D10 at this time by reading the prediction coefficient corresponding to a class code.

[0037] The prediction coefficient read from the prediction coefficient memory 15 is used for the prediction operation of the prediction operation part 16 in a step SP 105. Thereby, the input audio data D10 are changed into the audio data D16 considered as a request by the prediction operation which was adapted for the description. In this way, the input audio data D10 are changed into the audio data D16 with which the tone quality has been improved, and the audio signal processor 10 moves to a step SP 106, and ends the procedure concerned.

[0038] Next, the auto correlation coefficient judging approach of the input audio data D10 in the autocorrelation operation part 11 of the audio signal processor 10 is explained.

[0039] In drawing 4, the autocorrelation operation part 11 is made as [ cut / the input audio data D10 supplied from the input terminal TIN ( drawing 1 ) / for every predetermined time / as each current data ], and supplies the current data cut down at this time to the auto correlation coefficient calculation sections 40 and 41.

[0040] The auto correlation coefficient calculation section 40 is a degree type and [0041] to the cut-down current data.

[Equation 4]

$$W(k) = 0.54 + 0.46 \cdot \cos(\pi \cdot k / N) \quad \langle k = 0, \dots, N-1 \rangle$$

----- (4)

[0042] time amount location current observed as by it being alike, and following and carrying out the multiplication of the Hamming aperture shows to drawing 5 from — the made retrieval range data AR 1 (this is hereafter called a correlation aperture (smallness)) for right and left are cut down.

[0043] Incidentally, in (4) types, "N" expresses the measurement size of a correlation aperture and "u" expresses the sample data of what position it is.

[0044] Furthermore, based on the started correlation aperture (smallness), it is made as [ choose / the autocorrelation computing range set up beforehand ], the autocorrelation computing range SC 1 is chosen based on the correlation aperture (smallness) AR 1 started at this time, and the auto correlation coefficient calculation section 40 is a degree type and [0045]. [Equation 5]

$$R(t) = \frac{1}{N-t} \sum_{i=0}^{N-1-t} g(i) g(i+t) \quad \text{----- (5)}$$

[0046] Signal wave form g which is alike, follows and consists of a sampling value of N individual (i) Signal wave form g which was able to shift only time delay t (i+t) It multiplies, respectively, and it accumulates, and by equalizing, it receives and this is supplied [ the autocorrelation coefficient D 40 of the autocorrelation computing range SC 1 is computed, and ] to the judgment operation part 42.

[0047] time amount location current which the auto correlation coefficient calculation section 41 observes by carrying out the multiplication of the Hamming aperture by the same operation as above-mentioned (4) types to the cut-down current data like the auto correlation coefficient calculation section 40 on the other hand from — the made retrieval range data AR 2 (this is hereafter called a correlation aperture (size)) for right and left are cut down ( drawing 5 ).

[0048] Incidentally, the measurement size at the time of the auto correlation coefficient calculation section 40 using (4) types "N" is set up so that it may become smaller than the measurement size at the time of the auto correlation coefficient calculation section 41 using (4) types "N."

[0049] Furthermore, the auto correlation coefficient calculation section 41 is made as [ choose / as the autocorrelation computing range of the correlation aperture (smallness) started among the autocorrelation computing ranges set up beforehand / it / match and ], and chooses the autocorrelation computing range SC 3 matched with the autocorrelation computing range SC 1 of the correlation aperture (smallness) AR 1 started at this time. And by the same operation as above-mentioned (5) types, the auto correlation coefficient calculation section 41 computes the autocorrelation coefficient D 42 of the autocorrelation computing range SC 3, and supplies this to the judgment operation part 42.

[0050] The judgment operation part 42 is based on each auto correlation coefficient supplied from the auto correlation coefficient calculation sections 40 and 41. The value of the autocorrelation coefficient D 40 which is made as [ judge / the field started on the time-axis of the input audio data D10 ], and was supplied from the auto correlation coefficient calculation sections 40 and 41 at this time, The condition of an audio wave expressed with digital one by which this is contained in the correlation aperture AR 1 when there was a big difference in the value of the autocorrelation coefficient D 41, the condition of an audio wave expressed with digital ones contained in the correlation aperture AR 2 is extremely different widely — that is, the correlation apertures AR1 and AR2 — it expresses that it is the unstationary state which does not have similarity in each audio wave.

[0051] Therefore, it judges with having the need of shortening size (field started on a time-axis) of a class tap and a prediction tap, in order for the judgment operation part 42 to find out the description of the input audio data D10 inputted at this time and to raise a prediction operation much more.

[0052] Therefore, the judgment operation part 42 generates the extract control data D11 determined so that the size (field started on a time-axis) of a class tap and a prediction tap may be started in the same size as the correlation aperture (smallness) AR 1, and supplies this to the

adjustable class classification extract section 12 ( drawing 1 ) and the adjustable prediction operation extract section 13 ( drawing 1 ).

[0053] In this case, in the adjustable class classification extract section 12 ( drawing 1 ), with the extract control data D11, as shown in drawing 6 (A), a class tap is started short, and in the adjustable prediction operation extract section 13 ( drawing 1 ), with the extract control data D11, as shown in drawing 6 (C), a prediction tap is short started in the same size as a class tap.

[0054] On the other hand, the value of the autocorrelation coefficient D 40 supplied from the auto correlation coefficient calculation sections 40 and 41, The condition of an audio wave expressed with digital one by which this is contained in the correlation aperture AR 1 when there was no big difference in the value of the autocorrelation coefficient D 41, The condition of an audio wave expressed with digital one contained in the correlation aperture AR 2 is not extremely different widely, that is, it expresses that it is the steady state which has similarity in an audio wave.

[0055] Therefore, it judges with the judgment operation part 42 finding out the description of the input audio data D10 inputted at this time when size (field started on a time-axis) of a class tap and a prediction tap was lengthened, and fully being able to perform a prediction operation.

[0056] Therefore, the judgment operation part 42 generates the extract control data D11 determined so that the size (field started on a time-axis) of a class tap and a prediction tap may be started in the same size as the correlation aperture (size) AR 2, and supplies this to the adjustable class classification extract section 12 ( drawing 1 ) and the adjustable prediction operation extract section 13 ( drawing 1 ).

[0057] In this case, in the adjustable class classification extract section 12 ( drawing 1 ), with the extract control data D11, as shown in drawing 6 (B), a class tap is started for a long time, and in the adjustable prediction operation extract section 13 ( drawing 1 ), with the extract control data D11, as shown in drawing 6 (D), a prediction tap is started for a long time in the same size as a class tap.

[0058] Moreover, the judgment operation part 42 is based on each auto correlation coefficient supplied from the auto correlation coefficient calculation sections 40 and 41. The value of the autocorrelation coefficient D 40 which is made as [ judge / phase fluctuation of the input audio data D10 ], and was supplied from the auto correlation coefficient calculation sections 40 and 41 at this time, Since it expresses that this is an unstationary state which does not have similarity in an audio wave when there is a big difference in the value of the autocorrelation coefficient D 41, the judgment operation part 42 stands the correlation class D15 expressed with 1 bit (that is, it is made "1"), and supplies it to the class classification section 14.

[0059] On the other hand, since the judgment operation part 42 expresses that this is a steady state which has similarity in an audio wave when there is no big difference in the value of the autocorrelation coefficient D 40 supplied from the auto correlation coefficient calculation sections 40 and 41 at this time, and the value of the autocorrelation coefficient D 41, it supplies the judgment operation part 42 at the class classification section 14 for not standing the correlation class D15 expressed with 1 bit (that is, it being "0").

[0060] thus, the autocorrelation operation part 11 -- the correlation apertures AR1 and AR2, when it is the unstationary state which does not have similarity in each audio wave In order to find out the description of the input audio data D10 and to raise a prediction operation much more while generating the extract control data D11 determined so that a tap may be started short -- the correlation apertures AR1 and AR2 -- when it is the steady state which has similarity in each audio wave, the extract control data D11 determined so that a tap may be started for a long time can be generated.

[0061] moreover, the autocorrelation operation part 11 -- the correlation apertures AR1 and AR2, when it is the unstationary state which does not have similarity in each audio wave the correlation class D15 expressed with 1 bit -- standing (that is, it being made "1") -- \*\* -- the correlation apertures AR1 and AR2, when it is the steady state which has similarity in each audio wave It can supply at the class classification section 14 for not standing the correlation class D15 expressed with 1 bit (that is, it being "0").

[0062] The audio signal processor 10 in this case, the correlation class D15 supplied from the



autocorrelation operation part 11 Class code class obtained as a result of carrying out the class classification of the class tap D12 supplied from the good variationses extract section 12 at this time In order to unify, A prediction operation can be performed from the frequency of many class classifications much more, and the audio data with which tone quality has been improved much more by this can be generated.

[0063] In addition, although the case where the auto correlation coefficient calculation sections 40 and 41 chose one autocorrelation computing range was described, you may make it this invention choose not only this but two or more autocorrelation computing ranges in the gestalt of this operation.

[0064] In this case, as shown in drawing 7 , when choosing the autocorrelation computing range set up beforehand based on the correlation aperture (smallness) AR 3 started at this time, the auto correlation coefficient calculation section 40 ( drawing 4 ) chooses the autocorrelation computing ranges SC3 and SC4, and computes each auto correlation coefficient by the same operation as the selected autocorrelation computing range SC 3 concerned and SC4above-mentioned (5) type. further -- the auto correlation coefficient calculation section 40 ( drawing 4 ) -- the autocorrelation computing ranges SC3 and SC4 -- the newly computed self-function multiplier is supplied to the judgment operation part 42 ( drawing 4 ) by equalizing the self-function multiplier computed, respectively.

[0065] On the other hand, the auto correlation coefficient calculation section 41 ( drawing 4 ) chooses the autocorrelation computing ranges SC5 and SC6 matched with the autocorrelation computing ranges SC3 and SC4 of the correlation aperture (smallness) AR 3 started at this time, and computes each auto correlation coefficient by the same operation as the selected autocorrelation computing range SC 5 concerned and SC6above-mentioned (5) type. further -- the auto correlation coefficient calculation section 41 ( drawing 4 ) -- the autocorrelation computing ranges SC5 and SC6 -- the newly computed self-function multiplier is supplied to the judgment operation part 42 ( drawing 4 ) by equalizing the self-function multiplier computed, respectively.

[0066] Thus, if two or more autocorrelation computing ranges are chosen, the auto correlation coefficient calculation section will secure a wide range autocorrelation computing range much more, and, thereby, the auto correlation coefficient calculation section can compute an auto correlation coefficient with many measurement sizes much more.

[0067] Next, the study circuit for obtaining beforehand the set of the prediction coefficient for every class memorized to the prediction coefficient memory 15 mentioned above about drawing 1 by study is explained.

[0068] In drawing 8 , the study circuit 30 receives the teacher audio data D30 of the quality of loud sound in the student signal generation filter 37. The student signal generation filter 37 is made as [ lengthen / the teacher audio data D30 / for every predetermined time / at the rate of infanticide set up by the rate setting signal D39 of infanticide / between predetermined samples ].

[0069] In this case, the prediction coefficient generated changes with rates of infanticide in the student signal generation filter 37, and the audio data reproduced with the above-mentioned audio signal processor 10 according to this also differ. For example, when it is going to improve the tone quality of audio data by making a sampling frequency high in the above-mentioned audio signal processor 10, infanticide processing which reduces a sampling frequency is performed with the student signal generation filter 37. Moreover, when aiming at improvement in tone quality by compensating the data sample which lacked the input audio data D10 in the above-mentioned audio signal processor 10 to this, according to this, it is made as [ perform / infanticide processing made to lack a data sample ] with the student signal generation filter 37.

[0070] infanticide processing predetermined [ from the teacher audio data 30 ] in this way in the student signal generation filter 37 -- the student audio data D37 -- generating -- this -- the autocorrelation operation part 31, the adjustable class classification extract section 32, and the adjustable prediction operation extract section 33 -- it is alike, respectively and supplies.

[0071] After the autocorrelation operation part 31 divides into the field (it carries out to every the case of the gestalt of this operation, 6 [ for example, ], samples) for every predetermined

time the student audio data D37 supplied from the student signal generation filter 37, it computes that auto correlation coefficient by the auto correlation coefficient judging approach mentioned above in drawing 4 about the wave of each divided time domain concerned, and judges the field and the phase fluctuation which are started on a time-axis based on the computed auto correlation coefficient concerned.

[0072] The autocorrelation operation part 31 is supplied to the class classification section 14 by using the judgment result of phase fluctuation as the correlation data D35 while supplying it to the adjustable class classification extract section 32 and the adjustable prediction operation extract section 33 based on the auto correlation coefficient of the student audio data D37 computed at this time, respectively by using as the extract control data D31 the judgment result of the field started on a time-axis.

[0073] Moreover, by starting and carrying out the field specified according to the extract control data D31 to which the student audio data D37 supplied from the student signal generation filter 37 were supplied from the self-function operation part 31, the adjustable class classification extract section 32 extracts the class tap D32 which is going to carry out a class classification (in the case of the gestalt of this operation (for example, six samples), it carries out), and supplies this to the class classification section 34.

[0074] The class classification section 34 is ADRC (Adaptive Dynamic Range Coding) which compresses the class tap D32 extracted in the adjustable class classification extract section 32, and generates a compression data pattern. It has the circuit section and the class code generating circuit section which generates the class code to which the class tap D32 belongs.

[0075] The ADRC circuit section forms pattern compressed data by performing an operation which is compressed into 2 bits from 8 bits as opposed to the class tap D32. Since this ADRC circuit section can perform accommodative quantization and can express the local pattern of signal level efficiently by the short word length here, it is used for code generating of a class classification of a signal pattern.

[0076] When it is going to carry out the class classification of the six 8-bit data (class tap), it must classify into a huge number 248 of classes, and, specifically, the burden on a circuit increases. So, in the class classification section 34 of the gestalt of this operation, a class classification is performed based on the pattern compressed data generated in the ADRC circuit section prepared in that interior. For example, if 1-bit quantization is performed to six class taps, six class taps can be expressed with 6 bits, and can be classified into  $2^6 = 64$  class.

[0077] Here, it sets [ the dynamic range of a class tap ] a quantization code to Q for DR and bit assignment, setting the data level of m and each class tap as L, and the ADRC circuit section quantizes by dividing equally by the bit length which had between the maximum MAX in a field, and the minimum values MIN specified by the same operation as above-mentioned (1) type. Supposing six class taps extracted in this way according to the judgment result (extract control data D31) of the auto correlation coefficient computed in the autocorrelation operation part 31 consist of 8 bits ( $m=8$ ), for example, respectively, as for these, each will be compressed into 2 bits in the ADRC circuit section.

[0078] Thus, if the compressed class tap is set to  $q_n$  ( $n=1-6$ ), respectively, the class code generating circuit section prepared in the class classification section 34 is the compressed class tap  $q_n$ . Class code class which shows the class to which the class tap ( $q_1 - q_6$ ) belongs by being based and performing the same operation as above-mentioned (2) types It computes.

[0079] Here, the class code generating circuit section is the computed class code class. The correlation data D35 which matched and were supplied from the autocorrelation operation part 31 are unified, and the class code data D34 in which class code class ' obtained by this is shown are supplied to the prediction coefficient memory 15. This class code class ' shows the read-out address at the time of reading a prediction coefficient from the prediction coefficient memory 15. Incidentally it is the class tap  $q_n$  into which n was compressed in (2) types. A number is expressed and, in the case of the gestalt of this operation, it is  $n=6$ , and P expresses the bit assignment compressed in the ADRC circuit section, and, in the case of the gestalt of this operation, is  $P=2$ .

[0080] Thus, the class classification section 34 is matched with the class code of the class tap

D32 extracted from the student audio data D37 in the adjustable class classification section extract section 32, unifies the correlation data D35, generates the class code data D34 obtained by this, and supplies this to the prediction coefficient memory 15.

[0081] Moreover, the prediction tap D33 ( $X_1 - X_n$ ) which started like the adjustable class classification extract section 32, and was extracted according to the extract control data D31 from the autocorrelation operation part 31 in the adjustable prediction operation extract section 33 and which is going to carry out a prediction operation is supplied to the prediction coefficient calculation section 36.

[0082] The prediction coefficient calculation section 36 stands a normal equation using the class code data D34 (class code class ') supplied from the class classification section 34, each prediction tap D33, and the teacher audio data D30 of the quality of loud sound supplied from the input edge TIN.

[0083] namely, the level of  $n$  sample of the student audio data D37 -- respectively --  $x_1, x_2, \dots, x_n$  \*\*\*\*\* -- the quantization data of the result of having been alike, respectively and having performed  $p$ -bit ADRC --  $q_1, \dots, q_n$  \*\* -- it carries out. At this time, the class code class of this field is defined like above-mentioned (2) types. And they are  $x_1, x_2, \dots, x_n$  about the level of the student audio data D37 as mentioned above, respectively. When it carries out and level of the teacher audio data D30 of the quality of loud sound is set to  $y$ , they are prediction coefficients  $w_1, w_2, \dots, w_n$  for every class code. The linearity presumption type of  $n$  tap to depend is set up. It is this A degree type and [0084]

[Equation 6]

$$y = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n \quad \dots (6)$$

[0085] It carries out. Before study, it is  $W_n$ . It is an undetermined coefficient.

[0086] In the study circuit 30, it learns to two or more audio data for every class code. When a data measurement size is  $M$ , above-mentioned (6) types are followed, and it is a degree type and [0087].

[Equation 7]

$$y_k = w_1 x_{k1} + w_2 x_{k2} + \dots + w_n x_{kn} \quad \dots (7)$$

[0088] It \*\*\*\*\* however,  $k = 1, 2, \dots, M$ , it is  $M$ .

[0089] In  $M > n$ , they are a prediction coefficient  $w_1$  and  $\dots w_n$ . Since it is not decided uniquely, it is the element of the error vector  $e$  A degree type and [0090]

[Equation 8]

$$e_k = y_k - \{w_1 x_{k1} + w_2 x_{k2} + \dots + w_n x_{kn}\} \quad \dots (8)$$

[0091] It is defined as alike (however,  $k = 1, 2, \dots, M$ ), and is a degree type and [0092].

[Equation 9]

$$e' = \sum_{k=1}^M e_k \quad \dots (9)$$

[0093] It asks for the prediction coefficient made into min. It is a solution method by the so-called least square method.

[0094]  $w_n$  according to (9) types here It asks for a partial differential coefficient. In this case, a degree type, [0095]

[Equation 10]

$$\begin{aligned} \frac{\partial e'}{\partial w_i} &= \sum_{k=1}^M 2 \left( \frac{\partial e_k}{\partial w_i} \right) e_k = \sum_{k=1}^M 2 x_{ki} \cdot e_k \\ &= \sum_{k=1}^M 2 x_{ki} \cdot e_k \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \dots (10) \end{aligned}$$

[0096] What is necessary is just to calculate each  $W_n$  ( $n=1-6$ ) so that it may be made "0."

[0097] And a degree type, [0098]

[Equation 11]

$$X_{ij} = \sum_{p=0}^M x_{i,p} \cdot x_{j,p} \quad \text{..... (11)}$$

[0099] [Equation 12]

$$Y_i = \sum_{j=0}^M x_{i,j} \cdot y_j \quad \text{..... (12)}$$

[0100] \*\* -- like --  $X_{ij}$  and  $Y_i$  if a definition is given -- (10) types -- a matrix -- using -- a degree type and [0101]

[Equation 13]

$$\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_m \end{bmatrix} \quad \text{..... (13)}$$

[0102] It is expressed by carrying out.

[0103] Generally this equation is called the normal equation. In addition, it is  $n=6$  here.

[0104] the prediction coefficient calculation section 36 after the input of all the data for study (the teacher audio data D30, the class code class, and prediction tap D33) is completed -- each class code class the normal equation having shown in above-mentioned (13) equations -- standing -- this normal equation -- sweeping out -- general matrix solution methods, such as law, -- using -- every --  $W_n$  \*\*\*\*\* -- it solves and a prediction coefficient is computed for every class code. The prediction coefficient calculation section 36 writes each computed prediction coefficient (D36) in the prediction coefficient memory 15.

[0105] As a result of performing such study, in the prediction coefficient memory 15, they are the quantization data  $q_1, \dots, q_6$ . The prediction coefficient for presuming the audio data  $y$  of the quality of loud sound is stored for every class code for every pattern specified. This prediction coefficient memory 15 is used in the audio signal processor 10 mentioned above about drawing 1. By this processing, study of the prediction coefficient for creating the audio data of the quality of loud sound from the usual audio data according to a linearity presumption type is completed.

[0106] Thus, the study circuit 30 can generate the prediction coefficient for the interpolation processing in the audio signal processor 10 in consideration of extent which performs interpolation processing in the audio signal processor 10 by performing infanticide processing of the teacher audio data of the quality of loud sound with the student signal generation filter 37.

[0107] In the above configuration, the audio signal processor 10 computes the auto correlation coefficient in the time amount wave field of the input audio data D10 in the autocorrelation operation part 11. The judgment result which the autocorrelation operation part 11 judges changes for every tone quality of the input audio data D10, and, as for the audio signal processor 10, the class is specified based on the judgment result of the auto correlation coefficient of the input audio data D10.

[0108] Beforehand, at the time of study, it asks for the prediction coefficient for obtaining the audio data (teacher audio data) of the quality of loud sound without distortion for every class, and the audio signal processor 10 carries out the prediction operation of the input audio data D10 by which the class classification was carried out based on the judgment result of an auto correlation coefficient with the prediction coefficient according to the class. Thereby, since a prediction operation is carried out using the prediction coefficient according to the tone quality, tone quality of input audio data D10 improves to practically sufficient extent.

[0109] Moreover, even if phase fluctuation arises at the time of class classification adaptation processing of the input audio data D10 in the audio signal processor 10 by asking for the prediction coefficient corresponding to each about much teacher audio data with which phases differ at the time of the study which generates the prediction coefficient for every class, processing corresponding to phase fluctuation can be performed.

[0110] According to the above configuration, the input audio data D10 are convertible for the audio data D16 of the quality of loud sound much more by carrying out the class classification of the input audio data D10 based on the judgment result of the auto correlation coefficient in the time amount wave field of the input audio data D10, and having been made to carry out the prediction operation of the input audio data D10 using the prediction coefficient based on the result concerned by which the class classification was carried out.

[0111] In addition, it sets in the gestalt of above-mentioned operation. When the autocorrelation operation part 11 and 31 calculates according to above-mentioned (5) types, using the data (the self-computing range SC 2 which was matched and was chosen as the self-computing range SC 1 from the self-computing range SC 1 chosen based on the correlation aperture (smallness), and the correlation aperture (size)) of a time amount axial-wave form as it is Although the case where an auto correlation coefficient was computed was described You may make it this invention compute an auto correlation coefficient by calculating the changed translation data concerned according to above-mentioned (5) types after changing the inclination polarity concerned into the data expressed as characteristic quantity paying attention to the inclination polarity of not only this but a time amount axial-wave form.

[0112] In this case, the auto correlation coefficient computed when the translation data changed into the data expressed as characteristic quantity in the inclination polarity of a time amount axial-wave form calculated the translation data concerned according to above-mentioned (5) types, since an amplitude component was removed is called for as a value independent of the amplitude. Therefore, the autocorrelation operation part computed by calculating translation data according to above-mentioned (5) types can ask for the auto correlation coefficient for which it depended on the frequency component much more.

[0113] Thus, after changing the inclination polarity concerned into the data expressed as characteristic quantity paying attention to the inclination polarity of a time amount axial-wave form, if the changed translation data concerned is calculated according to above-mentioned (5) types, it can ask for the auto correlation coefficient for which it depended on the frequency component much more.

[0114] Moreover, although the case where the correlation class D15 which is the result of the autocorrelation operation part 11 and 31 judging phase fluctuation was expressed with 1 bit was described, you may make it express this invention not only with this but with many bits in the gestalt of above-mentioned operation.

[0115] in this case, the difference of the value of the autocorrelation coefficient D 40 to which the judgment operation part 42 ( drawing 4 ) of the autocorrelation operation part 11 was supplied from the auto correlation coefficient calculation sections 40 and 41, and the value of the autocorrelation coefficient D 41 — according to a value, the correlation class D15 expressed with many bits (quantization) is generated, and this is supplied to the class classification section 14.

[0116] And the class classification section 14 forms into pattern compression the correlation class D15 expressed with the many bits supplied from the autocorrelation operation part 11 in the ADRC circuit section mentioned above about drawing 1 , and computes the class code class 2 which shows the class to which the correlation class D15 concerned belongs. Moreover, the class classification section 14 unifies the class code class 2 computed by having attached to the class code class 1 computed about the class tap D12 supplied from the adjustable class classification extract section 12 at this time correlation class D15, and supplies the class code data in which the class code class 3 obtained by this is shown to the prediction coefficient memory 15.

[0117] Furthermore, also in the autocorrelation operation part 31 of a study circuit which memorizes the set of the prediction coefficient corresponding to the class code class 3, like the autocorrelation operation part 11, the correlation class D35 expressed with many bits (quantization) is generated, and this is supplied to the class classification section 34.

[0118] And the class classification section 34 forms into pattern compression the correlation class D35 expressed with the many bits supplied from the autocorrelation operation part 31 in the ADRC circuit section mentioned above about drawing 8 , and computes the class code class

5 which shows the class to which the correlation class D35 concerned belongs. Moreover, the class classification section 34 unifies the class code class 5 computed by having attached to the class code class 4 computed about the class tap D32 supplied from the adjustable class classification extract section 32 at this time correlation class D35, and supplies the class code data in which the class code class 6 obtained by this is shown to the prediction coefficient calculation section 36.

[0119] If it does in this way, the correlation class which is the result of the autocorrelation operation part 11 and 31 judging phase fluctuation can be expressed with many bits, and, thereby, the frequency of a class classification can be made [ many ] much more. Therefore, the audio signal processor which performs the prediction operation of the audio data inputted using the prediction coefficient based on the result by which the class classification was carried out is convertible for the audio data of the quality of loud sound much more.

[0120] Furthermore, although the case where multiplication was carried out in the gestalt of above-mentioned operation, using the Hamming aperture as a windowing function was described, this invention is replaced not only with this but with the Hamming aperture, for example, may be made to carry out the multiplication of the Hanning aperture, the Blackman window, etc. by other windowing functions.

[0121] the result of furthermore having learned this invention in short not only in this although the case where the technique by linearity primary was used as a prediction method in the gestalt of above-mentioned operation was described -- using -- it makes -- \*\*\*\*ing -- for example, -- many -- when the technique by degree function and the digital data further supplied from an input terminal TIN are image data, various prediction methods, such as technique predicted from the pixel value itself, can be applied.

[0122] Although the case where ADRC was performed was furthermore described as a pattern generation means to generate a compression data pattern, in the gestalt of above-mentioned operation, you may make it this invention use compression means, such as not only this but reversible coding (DPCM:Differential Pulse Code Modulation), and vector quantization (VQ:Vector Quantize). In short, what is necessary is just the information-compression means which can express the pattern of a signal wave form in few classes.

[0123] Furthermore, in the gestalt of above-mentioned operation, although the case where an audio signal processor ( drawing 2 ) performed audio data-conversion procedure by the program was described This invention realizes these functions not only by this but by the hardware configuration. Various digital-signal-processing equipments (For example, PCM (Pulse Code Modulation) error correction equipment used for a rate converter, an over sampling technique processor, BS (Broadcasting Satellite) broadcast, etc.) Prepare inside or Or these programs are loaded to various digital-signal-processing equipments from the program storing media (a floppy (trademark) disk, optical disk, etc.) which stored the program which realizes each function, and it may be made to realize each function part.

[0124]

[Effect of the Invention] According to this invention, each auto correlation coefficient is computed as mentioned above by starting by the aperture of two or more magnitude from a digital signal. Based on the calculation result of an auto correlation coefficient, classify the class, and by having changed the digital signal by the prediction method corresponding to the classified class Conversion which was adapted for the description of a digital signal much more can be performed, and conversion to the digital signal of the quality of loud sound which improved the wave repeatability of a digital signal much more can be performed in this way.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the functional block diagram showing the configuration of the audio signal processor by this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram showing the configuration of the audio signal processor by this invention.

[Drawing 3] It is the flow chart which shows audio data-conversion procedure.

[Drawing 4] It is the block diagram showing the configuration of autocorrelation operation part.

[Drawing 5] It is the abbreviation diagram with which explanation of the auto correlation coefficient judging approach is presented.

[Drawing 6] It is the abbreviation diagram showing the example of tap logging.

[Drawing 7] It is the abbreviation diagram with which explanation of the auto correlation coefficient judging approach in the gestalt of other operations is presented.

[Drawing 8] It is the block diagram showing the configuration of the study circuit by this invention.

[Description of Notations]

10 [ .. RAM, 24 / .. A communication link interface, 25 / .. A hard disk drive, 26 / .. An input means, 27 / .. The data I/O section 28 / .. Removable drive ] .... An audio signal processor, 11 .. The spectrum processing section, 22 .. ROM, 15

---

[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**